

Pewarisan Karakter Kualitatif Cabai Hias Hasil Persilangan Cabai Besar dan Cabai Rawit

Inheritance of Qualitative Characters of Ornamental Chili Pepper from Hybridization of Chili Pepper and Bird Pepper

Siti Hapshoh¹, Muhamad Syukur^{1*}, Yudiwanti Wahyu¹, dan Widodo²

¹Program Studi Pemuliaan dan Bioteknologi Tanaman, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor

²Departemen Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
(Bogor Agricultural University), Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

²Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
(Bogor Agricultural University), Jl. Kamper, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680, Indonesia

Diterima 7 Juli 2015/Disetujui 23 Februari 2016

ABSTRACT

The fruit of ornamental chili functioned as ornamental as well as for consumption, and therefore it requires diversity of traits for selection process. Information on inheritance pattern of the traits are needed for effective selection. The ideotype of ornamental chili are shortened internode that form a bouquet of flowers, erect fruit orientation and contain anthocyanins for attractive appearance. The research was aimed to study qualitative characters inheritance associated with shortened internode, fruit orientation and anthocyanins content. This study used 6 population including female parent (P1) which has anthocyanin in flower parts, the male parent (P2) bird pepper which has the character of a shortened internode, F1, F1R, BCP1, BCP2, and F2. Data were analyzed with Chi-square test to determine the Mendelian ratio in the F2 population. The results showed that there were characters that was controlled by one gene or two genes. Shortened internode and erect fruit orientation were controlled by a single recessive gene with a ratio of 1:3. On the other hand the color of anthocyanin in the anther stem was controlled by one dominant gene with a ratio of 3:1. The characters controlled by two genes that were dominant and recessive epistasis was the color of anthocyanins in the anther with the ratio 13:3.

Keywords: Mendelian ratio, antosianin, shortened internode

ABSTRAK

Cabai sebagai tanaman hias sekaligus buahnya dapat dikonsumsi memerlukan keragaman karakter untuk proses seleksi. Informasi pola pewarisan sifat diperlukan agar seleksi Metode seleksi untuk cabai hias akan efektif jika terdapat informasi pola pewarisan karakter yang berhubungan dengan keindahan. Pada cabai hias karakter tersebut adalah pemendekan ruas yang membentuk perdu menarik seperti buket bunga dan adanya antosianin pada organ tertentu sehingga warnanya menarik. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pola pewarisan karakter kualitatif yang berhubungan dengan pemendekan ruas, perilaku buah, dan antosianin pada warna bunga sebagai karakter cabai hias. Penelitian ini menggunakan populasi yaitu tetua betina (P1) cabai besar yang memiliki warna antosianin pada bagian tertentu bunganya, tetua jantan (P2) cabai rawit yang memiliki karakter pemendekan ruas, F1, F1R, BCP1, BCP2, dan F2. Analisis data dilakukan dengan uji Chi-kuadrat untuk menentukan nisbah Mendel pada populasi F2. Hasil penelitian menunjukkan ada karakter yang dikendalikan oleh satu gen dan ada oleh dua gen. Karakter pemendekan ruas dan perilaku buah ke atas dikendalikan oleh satu gen resesif dengan nisbah 1:3. Sebaliknya karakter warna antosianin tangkai anter dikendalikan oleh satu gen dominan dengan nisbah 3:1. Karakter yang dikendalikan oleh dua gen secara dominan dan resesif epistasis adalah warna antosianin pada anter dengan nisbah 13:3.

Kata kunci: nisbah Mendel, antosianin, ruas pendek

PENDAHULUAN

Cabai adalah tanaman asli dari wilayah tropika dan subtropika. *Capsicum annuum* adalah spesies yang

paling banyak dibudidayakan dan paling penting secara ekonomis (Syukur *et al.*, 2015). Cabai adalah salah satu komoditas hortikultura yang berfungsi sebagai tanaman konsumsi dan tanaman hias. Cabai sebagai tanaman hias dikembangkan dengan proses seleksi dan persilangan untuk sejumlah karakter yang meningkatkan daya tarik visualnya

* Penulis untuk korespondensi. e-mail: muhsyukur@ipb.ac.id

dan kesesuaian untuk berbagai permintaan pasar. Salah satu karakter yang menarik adalah bentuk perdu tanaman yang mengalami pemendekan ruas (*shortened internode*) sehingga menyerupai buket bunga yang menarik. Selain itu, menurut Lightbourn *et al.* (2008) warna adalah kunci komponen yang mempengaruhi persepsi awal konsumen dan kualitas produk. Pigmen warna biasanya terkait dengan bunga dan buah-buahan. Antosianin adalah salah satu pigmen warna yang biasanya dikaitkan dengan warna biru ke merah. Menurut Stommel *et al.* (2009) pigmen antosianin memiliki berbagai fungsi selain daya tarik visual, yaitu sebagai perlindungan terhadap ultraviolet dan stres oksidatif ringan, penarik penyerbuk serangga, dan sebagai makanan sehat yang potensial jika terkandung pada bagian yang dikonsumsi.

Kebutuhan akan cabai sebagai tanaman hias dan konsumsi saat ini meningkat sehingga banyak permintaan untuk meningkatkan keragaman dalam kedua fungsi tersebut (Stommel dan Griesbach, 2008). Pemuliaan cabai hias sekaligus konsumsi memerlukan keragaman genetik yang luas. Keragaman genetik cabai yang luas diperlukan untuk proses seleksi pada karakter yang diinginkan. Berdasarkan penelitian Daryanto *et al.* (2010) keragaman tetua yang tinggi dari jenis cabai besar, semi keriting, rawit dan hias yang digunakan dalam penelitian mampu menghasilkan nilai heterosis yang tinggi.

Keragaman genetik dapat diperoleh melalui berbagai cara, antara lain introduksi, mutasi, hibridisasi, dan ploidisasi. Menurut Syukur *et al.* (2010), keragaman genetik yang luas untuk suatu karakter pada populasi disebabkan latar belakang genetik populasi yang berbeda. Pengetahuan tentang latar belakang genetik populasi sangat penting untuk memulai seleksi. Yunianti *et al.* (2010) menyatakan bahwa keragaman genetik yang luas pada karakter tertentu menunjukkan bahwa karakter tersebut potensial diperbaiki karena lebih leluasa diseleksi. Hal ini senada dengan Hasan *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa perbedaan genetik adalah dasar untuk seleksi yang efektif dalam populasi yang ada atau populasi yang terbentuk dari hasil hibridisasi.

Metode seleksi pada tanaman cabai hias akan lebih efektif jika didukung oleh informasi tentang pola pewarisan karakter kualitatif seperti pemendekan ruas, orientasi buah dan adanya antosianin pada bagian organ tertentu. Analisis pewarisan karakter kualitatif berperan penting untuk mengetahui jumlah gen dan aksi gen yang mengendalikan, serta informasi genetik lainnya. Pewarisan karakter kualitatif pada cabai telah diteliti oleh Arif *et al.* (2011) pada karakter posisi bunga, warna buah muda, warna batang muda dan tekstur permukaan buah pada saat panen.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan pola pewarisan beberapa karakter kualitatif pada tanaman cabai yang berhubungan dengan warna antosianin, perilaku buah dan pemendekan ruas.

BAHAN DAN METODE

Studi pewarisan karakter kualitatif yang berkaitan dengan warna antosianin dan pemendekan ruas menggunakan

populasi hasil persilangan antara cabai besar dan cabai rawit. Cabai besar memiliki bunga warna putih dan terdapat antosianin pada mahkota, anter, tangkai anter, dan tangkai putik sedangkan cabai rawit memiliki bunga warna putih dan karakter pemendekan ruas. Studi pewarisan melalui dua tahapan, yaitu pembentukan materi genetik dan studi pewarisan sifat kualitatif di lapangan.

Pembentukan materi genetik dilaksanakan pada bulan Februari sampai Desember 2014. Genotipe cabai yang digunakan adalah cabai besar IPB C4 (P1) dan cabai rawit IPB C174 (P2). Persilangan menggunakan rancangan biparental dan silang balik (*back cross*). Tetua cabai besar dan cabai rawit ditanam dalam pot, kemudian disilangkan (hibridisasi) untuk mendapatkan tanaman F1 dan F1R. Sebagian benih hasil persilangan disimpan dan sebagian lainnya ditanam untuk keperluan silang balik dengan tetuanya masing-masing sehingga diperoleh BCP1 dan BCP2 sebagian benih ditanam dan dibiarkan menyerbuk sendiri untuk menghasilkan F2. BCP1 adalah persilangan antara F1 \times P1 sedangkan BCP2 adalah persilangan antara F1 \times P2.

Studi pewarisan sifat kualitatif di lapangan dilaksanakan pada bulan Januari-April 2015 di Kebun Percobaan IPB Leuwikopo. Persemaian benih cabai dilaksanakan di Laboratorium Pemuliaan Tanaman Departemen Agronomi dan Hortikultura, IPB. Bahan tanaman yang digunakan adalah P1, P2, F1, dan F1R masing-masing 20 tanaman, BCP1 dan BCP2 masing-masing terdiri atas 100 tanaman, dan F2 sebanyak 200 tanaman. Setiap populasi ditanam pada bedeng berukuran 5 m \times 1 m, masing-masing bedengan terdiri atas 20 tanaman dengan jarak tanam 50 cm \times 50 cm.

Pengamatan dilakukan terhadap karakter kualitatif berdasarkan perbedaan sifat masing-masing tetua dan mengacu pada deskripsi cabai. Pengamatan dilakukan setelah tanaman memasuki fase generatif, meliputi: 1. Karakter pemendekan ruas (*shortened internode*) pada batang setelah panen pertama, 2. Warna antosianin anter setelah tanaman berbunga 50% dalam satu populasi, 3. Warna antosianin tangkai anter setelah tanaman berbunga 50% dalam satu populasi, 4. Perilaku buah setelah panen pertama.

Analisis data dilakukan dengan uji Chi-kuadrat untuk menentukan nisbah Mendel pada populasi F2 dan menentukan jumlah pasang gen yang mengendalikan sifat. Pendugaan nisbah fenotipe bersegregasi menggunakan uji Chi-kuadrat menurut Singh dan Chaudhary (1979).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemendekan Ruas (Shortened Internode)

Karakter pemendekan ruas atau *shortened internode* (SI) dibagi menjadi dua kelas yaitu tidak ada SI dan ada SI. Tetua betina (IPB C4) tidak ada SI dan tetua jantan (IPB C174) ada SI. Turunan pertama (F1) maupun F1R dan hasil silang balik F1 \times IPB C4 memiliki karakter tidak ada SI (Tabel 1). Hal ini menunjukkan karakter ada SI bersifat resesif. Perbandingan tanaman yang ada SI dan tidak ada SI pada populasi silang balik antara F1 \times IPB C174 adalah

Tabel 1. Jumlah tanaman hasil pengamatan pada karakter pemendekan ruas dan orientasi buah cabai beberapa populasi hasil persilangan IPB C4 × IPB C174

Genotipe	Pemendekan ruas (SI)		Orientasi buah	
	Tidak ada	Ada	Ke atas (<i>erect</i>)	Ke bawah (<i>dropping</i>)
	----- tanaman -----			
IPB C4	20	-	-	20
IPB C174	-	20	20	-
F1 (IPB C4 × IPB C174)	20	-	-	20
F1R (IPB C174 × IPB C4)	20	-	-	20
F1 × C4	94	-	-	97
F1 × C174	53	47	55	43
F2 IPB C4 × IPB C174	153	42	56	138

1:1 sedangkan pada populasi F2 menghasilkan nisbah 1:3. Hal ini menunjukkan bahwa karakter ini dikendalikan oleh satu gen resesif. Dugaan ini diperkuat oleh nilai X^2_{hitung} pada populasi F2 = 1.246 lebih kecil dari $X^2_{tabel} = 3.841$ (db = 1; $\alpha = 5\%$) (Tabel 3).

Shortened internode ini adalah fenomena *fasciculation* yang diekspresikan sebagai pemendekan pada ruas, hasilnya tanaman kompak, menggerombol, buah dan bunga berkumpul pada gerombolan, pewarisannya oleh gen resesif *fa* (Lippert *et al.*, 1965). Gen *fasciculate* memiliki pengaruh utama pada pembentukan arsitektur tanaman cabai, umumnya pada kebanyakan tanaman hias *Capsicum*, dimana tiga karakter utama pembeda dengan tipe tanpa *fasciculate* adalah memendeknya waktu berbunga, memendeknya ruas, dan menghambat pertumbuhan daun selama perkembangan *sympodial* (Elitzur *et al.*, 2009).

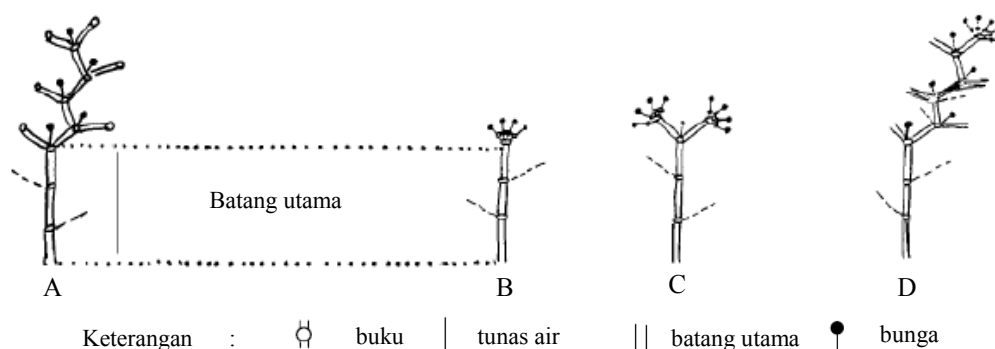
Lokus *Fa* mempengaruhi panjang ruas mengakibatkan ruas menjadi pendek tapi kurang berpengaruh pada penggerombolan buah (Stommel dan Griesbach, 2008). Penggerombolan buah yang sangat banyak dapat menghasilkan tanaman hias yang tampak menarik dan menjadi ideotipe baru untuk meningkatkan hasil buah. Hasil penelitian dari Stommel dan Griesbach (2008) menunjukkan bahwa pewarisan sifat buah menggerombol

dikendalikan oleh satu gen resesif dengan perbandingan 3:1 untuk tanaman tanpa buah menggerombol dan tanaman yang buahnya menggerombol.

Karakter yang dikendalikan oleh gen resesif memberikan kemudahan bagi peneliti untuk melakukan seleksi. Jika peneliti menginginkan ada karakter SI maka fenotipe di lapangan yang menunjukkan karakter tersebut kemungkinan besar susunan genotipenya homozigot. Fenotipe karakter pemendekan ruas pada cabai dapat dilihat pada Gambar 1.

Orientasi Buah

Orientasi buah dibagi menjadi dua kelas yaitu mengarah ke atas (*erect*) dan mengarah ke bawah (*dropping*). Orientasi buah tetua betina (IPB C4) ke bawah dan tetua jantan (IPB C174) ke atas (Tabel 1). Orientasi buah yang biasanya diinginkan untuk tanaman hias adalah orientasi buah mengarah ke atas. Hasil penelitian menunjukkan F1 maupun F1R dan hasil silang balik antara F1 × IPB C4 orientasi buahnya mengarah ke bawah (Tabel 1). Perbandingan orientasi buah mengarah ke atas dan ke bawah pada populasi silang balik antara F1 × IPB C174 adalah 1:1 sedangkan populasi F2 perbandingannya adalah 1:3 dan nilai X^2_{hitung}



Gambar 1. Fenotipe karakter pemendekan ruas (*shortened internode*) : (A) tanaman normal tanpa karakter pemendekan ruas, (B) tanaman dengan karakter pemendekan ruas pada batang utama, (C) tanaman dengan karakter pemendekan ruas pada cabang pertama atau cabang kedua atau cabang ketiga, (D) Tanaman dengan karakter pemendekan ruas lebih dari cabang ketiga

pada populasi F2 = 1.546 lebih kecil dari $X^2_{tabel} = 3.841$ (db = 1; $\alpha = 5\%$) (Tabel 3). Hal ini menunjukkan perilaku buah mengarah ke atas bersifat resesif. Hasil penelitian ini sejalan dengan penelitian dari Lee *et al.* (2008) yang menunjukkan orientasi buah ke atas sebagai karakteristik yang menarik dalam cabai hias dan spesies cabai liar dikendalikan oleh gen resesif.

Orientasi buah dapat dilihat lebih awal dari posisi tangkai bunga pada tanaman. Posisi tangkai bunga ke atas cenderung akan menghasilkan orientasi buah ke atas juga sedangkan posisi bunga ke samping dan ke bawah cenderung akan menghasilkan orientasi buah ke bawah. Hasil penelitian Arif *et al.* (2011) menunjukkan bahwa posisi bunga dikendalikan oleh satu gen dan tidak ada dominansi. Posisi bunga ke bawah dikendalikan oleh gen homozigot dominan (PP), ke samping dikendalikan oleh gen heterozigot (Pp), dan ke atas dikendalikan oleh gen homozigot resesif (pp).

Warna Antosianin Anter

Karakter warna antosianin anter dibagi menjadi dua kelas yaitu tidak ada warna antosianin dan ada warna antosianin. Tetua betina (IPB C4) memiliki warna antosianin pada anter dan tetua jantan (IPB C174) tidak ada (Tabel 2). Populasi F1 maupun F1R dan BCP1 memiliki warna antosianin pada anternya (Tabel 2). Hal ini menunjukkan karakter memiliki antosianin bersifat dominan.

Perbandingan antara karakter warna anter yang memiliki antosianin dan tidak memiliki antosianin pada populasi BCP2 adalah 1:1 sedangkan pada populasi F2 rasionya adalah 13:3 (Tabel 3). Nilai X^2_{hitung} pada populasi F2 = 2.373 lebih kecil dari $X^2_{tabel} = 3.841$ (db = 1; $\alpha = 5\%$). Menurut Griffith *et al.* (2006) perbandingan 13:3 menunjukkan bahwa karakter tersebut dikendalikan oleh dua gen yang berkerja secara dominan dan resesif epistasis misalnya A epistasis terhadap B dan b; bb epistasis terhadap A dan a. Hasil penelitian Kirana *et al.* (2005) memperlihatkan bahwa karakter jumlah bunga tiap nodus diwariskan secara kualitatif mengikuti pola 13:3 yang menunjukkan bahwa

karakter tersebut dikendalikan sedikitnya oleh dua gen yang bekerja secara epistasis dan resesif.

Warna Antosianin Tangkai Anter

Karakter warna antosianin pada tangkai anter cabai dibagi menjadi dua kelas yaitu tidak ada warna antosianin dan ada warna antosianin. Tetua betina (IPB C4) memiliki warna antosianin pada tangkai anternya sedangkan warna antosianin tidak terdapat pada anter tetua jantan (IPB C174) (Tabel 2). Nisbah Mendelian ada warna antosianin tangkai anter dengan tidak ada warna antosianin pada populasi F2 adalah 3:1 (Tabel 3). Nilai X^2_{hitung} pada populasi F2 = 0.557 lebih kecil dari $X^2_{tabel} = 3.841$ (db = 1; $\alpha = 5\%$) (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa karakter ini dikendalikan oleh gen dominan. Wang dan Bosslund (2006) melaporkan bahwa bahwa gen pengendali warna ungu bersifat dominan pada karakter bunga dan buah muda tanaman cabai. Mes *et al.* (2008) melaporkan bahwa gen pengendali warna ungu pada buah tomat adalah alel dominan *Aft*, gen *Abg*, dan *atv*.

Odland (1960) menemukan bahwa warna bunga diatur oleh 3 pasang gen (Ss, Ww, dan Aa) dimana genotipe ss ww aa memiliki fenotipe warna anter kuning, mahkota putih, tangkai putik, dan tangkai anter berwarna putih, SS ww aa memiliki anter warna ungu dan karakter lainnya sama dengan genotipe ss ww aa. Tanaman dengan SS WW aa memiliki warna mahkota putih, warna tangkai putik, tangkai anter serta warna anter ungu, sedangkan SS ww AA warna mahkota, warna tangkai putik, warna anter, dan warna tangkai anter semuanya berwarna ungu. Gen W dominan tidak intensif pada warna ungu karena genotipe SS ww AA dan SS WW AA tidak bisa dibedakan secara fenotipik dimana semua bagian bunganya berwarna ungu. Wang dan Bosland (2006) menyatakan bahwa warna antosianin pada batang, daun, bunga dan buah yang belum matang dikendalikan gen A dominan sebagian dimana gen A efektif hanya ketika hadir *al+*. Pada genotipe AA aksi gen intensif oleh gen modifier. Gen tambahan dari perbedaan akumulasi antosianin pada bunga (R-1) dan (R-2), tangkai putik (As), tangkai putik dan tangkai anter (Asf).

Tabel 2. Jumlah tanaman hasil pengamatan pada karakter warna antosianin anter dan warna antosianin tangkai anter cabai beberapa populasi hasil persilangan IPB C4 × IPB C174

Genotipe	Warna antosianin anter		Warna antosianin tangkai anter	
	Tidak ada	Ada	Tidak ada	Ada
----- tanaman -----				
IPB C4	-	20	-	20
IPB C174	20	-	20	-
F1 (IPB C4 × IPB C174)	-	20	-	20
F1R (IPB C174 × IPB C4)	-	20	-	20
F1 × C4	-	94	-	94
F1 × C174	46	49	49	46
F2 IPB C4 × IPB C174	28	166	53	141

Tabel 3. Nilai X^2_{hitung} karakter pemendekan ruas, orientasi buah, warna antosianin anter dan warna antosianin tangkai anter populasi BCP1 ($F1 \times IPB C174$) dan $F2 (IPB C4 \times IPB C174)$

Populasi	Fenotipe	Nisbah	Harapan	Pengamatan	X^2_{hitung}
pemendekan ruas					
$F1 \times IPB C174$	Tidak ada : Ada	1:1	50:50	53:47	0.360tn
$F2 IPB C4 \times IPB C174$	Tidak ada : Ada	3:1	146:49	153:42	1.246tn
Orientasi buah					
$F1 \times IPB C174$	<i>Erect : Dropping</i>	1:1	49:49	55:43	1.469tn
$F2 IPB C4 \times IPB C174$	<i>Erect : Dropping</i>	1:3	49:146	56:138	1.546tn
Warna antosianin anter					
$F1 \times IPB C174$	Tidak ada : Ada	1:1	47:48	46:49	0.042tn
$F2 IPB C4 \times IPB C174$	Tidak ada : Ada	3:13	36:158	28:166	2.373tn
Warna antosianin tangkai anter					
$F1 \times IPB C174$	Tidak ada : Ada	1:1	48:47	49:46	0.042tn
$F2 IPB C4 \times IPB C174$	Tidak ada : Ada	1:3	48:146	53:141	0.557tn

Keterangan: ^m rasio sesuai nisbah mendel berdasarkan uji Chi-kuadrat

KESIMPULAN

Karakter pemendekan ruas, perilaku buah, dan warna antosianin pada tangkai anter dikendalikan oleh satu gen, sedangkan karakter warna antosianin pada anter dikendalikan oleh dua gen. Nisbah Mendel 1:3 pada karakter ruas pendek dan orientasi buah ke atas menunjukkan bahwa karakter ini dikendalikan oleh satu gen resesif. Begitu pula pada karakter warna antosianin tangkai anter. Karakter warna antosianin pada anter memiliki nisbah Mendel 13:3 yang menunjukkan bahwa karakter tersebut dikendalikan oleh dua gen yang bekerja secara dominan dan resesif epistasis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini melalui Hibah Kompetensi tahun 2014 atas nama M. Syukur.

DAFTAR PUSTAKA

- Arif, A.B., S. Sujiprihati, M. Syukur. 2011. Pewarisan sifat beberapa karakter kualitatif pada tiga kelompok cabai. *Bul. Plasma Nutfah* 17:1-6.
- Daryanto, A., S. Sujiprihati, M. Syukur. 2010. Heterosis dan daya gabung karakter agronomi cabai (*Capsicum annuum* L.) hasil persilangan *half diallel*. *J. Agron. Indonesia* 38:113-121.
- Elitzur, T., H. Nahum, Y. Borovsky, I. Pekker, Y. Eshed, I. Paran. 2009. Co-ordinated regulation of flowering time, plant architecture and growth by fasciculate: the pepper orthologue of self pruning. *J. Experiment. Botany* 60:869-880.
- Griffiths, A.J.F., S.R. Wessler, R.C. Lewontin, S.B. Carroll. 2006. *Introduction to Genetic Analysis* 8th Edition. W.H. Freeman and Company, New York.
- Hasan, M.J., M.U. Kulsum, M.Z. Ullah, M.M. Hossain, M.E. Mahmud. 2014. Genetic diversity of some chilli (*Capsicum annuum* L.) genotypes. *Int. J. Agric. Res. Innov. Tech.* 4:32-35.
- Kirana, R., R. Setiamihardja, N. Hermiati, A.H. Permadi. 2005. Pewarisan karakter jumlah bunga tiap nodus hasil persilangan *Capsicum annuum* L. dengan *Capsicum chinense*. *Zuriat* 16:120-126.
- Lee, H.R., M.C. Cho, H.J. Kim, S.W. Park, B.D. Kim. 2008. Marked development for erect versus pendant-orientated fruit in *Capsicum annuum* L.. *Mol. Cells* 26:548-553.
- Lightbourn, G.J., R.J. Griesbach, J.A. Novotny, B.A. Clevidence, D.D. Rao, J.R. Stommel. 2008. Effects of anthocyanin and carotenoid combinations on foliage and immature fruit color of *Capsicum annuum* L.. *J. Hered* 99:105-111.
- Lippert, L.F., B.O. Bergh, P.G. Smith. 1965. Gene list for the pepper. *J. Hered.* 56:30-34.
- Mes, P.J., P. Boches, J.R. Myers. 2008. Characterization of tomatoes expressing anthocyanin in the fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 133:262-269.

- Odland, M.L. 1960. Inheritance of flower color in *Capsicum annuum* L.. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 76:475-481.
- Singh, R.K., Chaudhary. 1979. Biometrical Method in Quantitative Genetic Analysis. Revised Edition. Kalyani Publisher, New Delhi.
- Stommel, J.R., R.J. Griesbach. 2008. Inheritance of fruit, foliar, and plant habit attributes in *Capsicum*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 133:396-407.
- Stommel, J.R., G.J. Lightbourn, B.S. Winkel. 2009. Transcription factor families regulate the anthocyanin biosynthetic pathway in *Capsicum annuum*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 134:244-251.
- Syukur, M., S. Sujiprihati, R. Yunianti, K. Nida. 2010. Pendugaan komponen ragam, heritabilitas dan korelasi untuk menentukan kriteria seleksi cabai (*Capsicum annuum* L.) populasi F5. J. Hort. Indonesia 1:74-80.
- Syukur, M., S. Sujiprihati, R. Yunianti. 2015. Teknik Pemuliaan Tanaman. Edisi Revisi. Penebar Swadaya, Bogor.
- Wang, D., P.W. Bosland. 2006. The genes of *Capsicum*. HortScience 41:1169-1187.
- Yunianti, R., S. Sastrosumarjo, S. Sujiprihati, M. Surahman, S.H. Hidayat. 2010. Kriteria seleksi untuk perakitan varietas cabai tahan *Phytophthora capsici* Leonian. J. Agron. Indonesia 38:122-129.